·临床研究·

心肌声学造影对急性心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后心肌灌注及预后的评估价值

李 臻 谷红丽 李锦丽

摘 要 **目的** 探讨心肌声学造影(MCE)对急性ST段抬高型心肌梗死(STEMI)患者经皮冠状动脉介入(PCI)术后心肌灌注及预后的评估价值。**方法** 选取急性STEMI并行PCI手术患者78例,根据其术后48 h MCE检查结果分为灌注充盈正常43例(心肌节段造影剂充盈均匀且完全显影,A组)、灌注充盈稀疏20例(心肌节段造影剂充盈不均匀或部分显影,B组),灌注充盈缺损15例(心肌节段造影剂充盈缺损且完全不显影,C组)。应用常规超声心动图和MCE检测各组术后48 h、1个月、3个月左室射血分数(LVEF)、左室舒张末期容积(LVEDV)、左室收缩末期容积(LVESV)、二尖瓣环舒张晚期运动速度(Am)、二尖瓣舒张早期峰值流速(E)、二尖瓣舒张早期与晚期峰值流速比值(E/A),比较各组上述参数的差异。记录并比较各组术后6、12、24个月的主要不良心血管事件(MACE)发生率;应用Logistic回归分析急性STEMI患者PCI术后发生MACE的独立危险因素。**结果** 与A组比较,B、C组术后同一时间LVEDV、LVESV、E/A均升高,Am、E、LVEF均降低,差异均有统计学意义(均$P<0.05$);与B组比较,C组术后同一时间LVEDV、LVESV、E/A均升高,Am、E、LVEF均降低,差异均有统计学意义(均$P<0.05$)。PCI术后B、C组MACE发生率较A组增高,差异均有统计学意义(均$P<0.05$)。Logistic回归分析显示,LVEDV、LVESV、LVEF及MCE显示非灌注充盈正常均为急性STEMI患者PCI术后发生MACE的独立危险因素(OR=1.887、2.069、2.291、1.893,均$P<0.05$)。**结论** MCE可有效评估急性STEMI患者PCI术后心肌灌注情况,预测术后MACE的发生,有助于患者的预后评估。

关键词 心肌声学造影;超声心动描记术;心肌梗死,ST段抬高型,急性;经皮冠状动脉介入术;心肌灌注

[中图法分类号]R540.45 [文献标识码]A

Value of myocardial contrast echocardiography in evaluating myocardial perfusion and prognosis in patients with acute myocardial infarction after percutaneous coronary intervention

LI Zhen, GU Hongli, LI Jinli

Department of Ultrasound Medicine, the First People's Hospital of Chenzhou, Hu'nan 423000, China

ABSTRACT **Objective** To explore the value of myocardial contrast echocardiography (MCE) in evaluating myocardial perfusion and prognosis in patients with acute ST-segment elevated myocardial infarction (STEMI) after percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** A total of 78 patients with acute STEMI underwent PCI were enrolled. According to the MCE within 48 h after the surgery, they were divided into 43 cases of normal perfusion filling (contrast agents filling in myocardial segments were even, complete developing, group A), 20 cases of sparse perfusion filling (contrast agents filling in myocardial segments were uneven, partial developing, group B) and 15 cases of defected perfusion filling (contrast agents filling in myocardial segments were defected, complete non-developing, group C). The left ventricular ejection fraction (LVEF), left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), left ventricular end-systolic volume (LVESV), late diastolic mitral valve motion velocity (Am), early peak mitral diastolic flow velocity (E) and ratio of early to late peak diastolic flow rate (E/A) in each group were obtained by routine ultrasound and MCE at 48 h, 1 month and 3 months after surgery, and the results were compared and analyzed. The incidence of major adverse cardiovascular events (MACE) at 6, 12 and 24 months after surgery was recorded in each group. The independent risk factors of MACE after PCI in acute STEMI patients were analyzed by Logistic regression.

基金项目:郴州市科学技术局科技发展项目(ZDYF2020127)

作者单位:423000 湖南省郴州市第一人民医院超声医学科

通讯作者:李锦丽,Email:12901844@qq.com

Results Compared with group A, LVEDV, LVESV and E/A were increased, while Am, E and LVEF were decreased in groups B and C at the same time after surgery, with statistical significance (all $P<0.05$). Compared with group B, LVEDV, LVESV and E/A were increased, while Am, E and LVEF were decreased in group C at the same time after surgery, with statistical significance (all $P<0.05$). The incidence of MACE in groups B and C after PCI was higher than that in group A, and the differences were statistically significant (both $P<0.05$). The results of Logistic regression analysis showed that LVEDV, LVESV, LVEF and abnormal perfusion filling by MCE were independent risk factors of MACE in patients with acute STEMI after PCI (OR=1.887, 2.069, 2.291, 1.893, all $P<0.05$). **Conclusion** MCE can effectively evaluate myocardial perfusion and independently predict the occurrence of MACE in patients with acute STEMI after PCI, which is conducive to prognosis evaluation of patients.

KEY WORDS Myocardial contrast echocardiography; Echocardiography; Myocardial infarction, ST-segment elevated, acute; Percutaneous coronary intervention; Myocardial perfusion

急性ST段抬高型心肌梗死(ST-segment elevated myocardial infarction, STEMI)是急性冠状动脉综合征中最严重的一种类型,是由于心脏的供应血管出现急性血栓所致,表现为其对应的区域出现透壁性心肌梗死[1]。该病主要临床表现为剧烈的心前区疼痛,可放射至左上臂和左肩胛部,若不及时治疗,极易致残并导致患者死亡,严重影响其生存质量[2]。目前,临床治疗STEMI首选经皮冠状动脉介入(percutaneous coronary intervention, PCI)术,但PCI术后可能出现心肌组织微循环灌注不足,引发严重心律失常、心力衰竭、急性心肌梗死、冠心病死亡等主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events, MACE),影响患者预后[3]。因此,PCI术后早期对微循环灌注情况进行检测,并采取有效措施对改善患者预后具有重要临床意义。心肌声学造影(myocardial contrast echocardiography, MCE)使用的声学微泡造影剂与红细胞物理性质相似,被视为红细胞示踪剂,可用于评估心肌微循环灌注的异常,具有无创、便捷、可实时显像、可重复性佳等优势,对心脏功能及微循环情况具有较好的评估效能[4-6]。本研究旨在探讨MCE对急性STEMI患者PCI术后心肌灌注及预后的评估价值。

资料与方法

一、研究对象

选取2020年1~6月在我院行PCI术的急性STEMI患者78例,其中男39例,女39例,年龄43~79岁,平均(63.21±7.84)岁。根据其术后48 h MCE检查结果分为灌注充盈正常43例(A组)、灌注充盈稀疏20例(B组)、灌注充盈缺损15例(C组)。A组男20例,女23例,年龄45~79岁,平均(62.60±7.38)岁,高血压史18例,糖尿病史23例,冠心病家族史3例,吸烟史17例,饮酒史23例;B组男女各10例,年龄43~79岁,平均(63.35±9.25)岁,高血压史8例,糖尿病史11例,冠心病家族史3例,吸烟史8例,饮酒史12例;C组男9例,女6例,年龄51~77岁,平均(64.73±7.42)岁,高血压史8例,糖尿病史9例,冠心病家族史2例,吸烟史6例,饮酒史9例。各组一般资料比较差异均无统计学意义。纳入标准:①临床表现及影像学检查均确诊为STEMI[7];②发病后12 h内行PCI术;③冠状动脉血流TIMI分级[8]≥2级。排除标准:①存在手术相关禁忌症者;②存在恶性肿瘤、脑或肝肾严重损伤、免疫功能障碍疾病、慢性心功能不全及凝血功能障碍者;③妊娠期、哺乳期妇女;④临床相关资料不全者。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有患者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1.仪器与试剂:使用Philips EPIQ 7C彩色多普勒超声诊断仪,S5-1探头,频率1~3 MHz;造影剂使用声诺维(意大利博莱科公司),使用前注入5.0 ml生理盐水与造影剂振荡均匀制备成微泡混悬液备用。

2.超声检查:患者取左侧卧位,连接同步心电图,取1.5 ml造影剂混悬液与7.5 ml生理盐水混合后,经左肘正中静脉推注2.0 ml,于2 min内推注完毕,尾随5.0 ml生理盐水冲管。于心尖四腔心切面清晰显示心内膜边界,然后切换至实时MCE模式。待造影剂完全填充心肌后,触发高机械指数(MI)"闪烁"图像(3~19帧/s, MI=0.9),瞬间击破微泡,然后自动转换至实时超低MI再灌注图像,观察心尖四腔、三腔、两腔心切面心肌微泡充盈情况。所有图像均保存至硬盘供脱机分析,至少记录15个心动周期。各组患者均于心尖两腔、四腔心切面检测二尖瓣环舒张晚期运动速度(Am)、二尖瓣舒张早期峰值流速(E)、二尖瓣舒张早期与晚期峰值流速比值(E/A)、左室舒张末期容积(LVEDV)及左室收缩末期容积(LVESV),应用Simpson法测量左室射血分数(LVEF)。于PCI术后48 h、1个月及3个月应用上述方法检测LVEDV、LVESV和LVEF。所有参数均重复测量3次取平均值,上述操作均由同一超声医

师完成，由2名具有5年以上诊断经验的医师综合分析超声图像，若意见不一致时协商解决。

3.分组方法：采用17节段心肌分析模式，目测半定量分析。心肌节段造影剂均匀、完全显影，充盈无延迟（≤5个心动周期），判为灌注充盈正常；心肌节段造影剂不均匀或部分显影，充盈延迟（>5个心动周期），判为灌注充盈稀疏；心肌节段造影剂充盈缺损，完全不显影，判为灌注充盈缺损。

4.PCI术后随访：PCI术后6、12、24个月通过门诊或电话随访患者MACE发生情况，包括复发心绞痛、急性心肌梗死、严重心律失常、心力衰竭、冠心病死亡。根据随访结果将急性STEMI患者分为MACE组19例和非MACE组59例。

5.一般资料收集：通过我院电子病例系统收集患者基本临床资料，包括年龄、性别、吸烟史、饮酒史、高血压史、糖尿病史、冠心病家族史、梗死前心绞痛、发病至PCI时间、术前TIMI分级、Killip分级、ST段最大抬高幅度、术后1 h ST段回落程度、病理性Q波导联数、随访服药情况、冠状动脉造影情况、术后MACE。

三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件，计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，多组比较采用单因素方差分析，组内各时间点比较采用重复测量方差分析，两组比较采用t检验；计数资料以频数或率表示，组间比较采用χ^2检验。应用Logistic回归分析急性STEMI患者PCI术后出现MACE的独立危险因素。P<0.05为差异有统计学意义。

结　果

一、各组PCI术后超声检查结果比较

与A组比较，B、C组术后同一时间LVEDV、LVESV、E/A均升高，Am、E、LVEF均降低，差异均有统计学意义（均P<0.05）。与B组比较，C组术后同一时间LVEDV、LVESV、E/A均升高，Am、E、LVEF均降低，差异均有统计学意义（均P<0.05）。见表1和图1。

二、各组PCI术后MACE发生情况比较

A组PCI术后6个月复发心绞痛2例，12个月复发心绞痛2例和急性心肌梗死1例，24个月复发心绞痛2例和急性心肌梗死2例；B组PCI术后6个月复发心绞痛3例和急性心肌梗死1例，12个月复发心绞痛3例和急性心肌梗死2例，24个月复发心绞痛3例、急性心肌梗死2例和严重心律失常2例；C组PCI术后6个月复发心绞痛3例和急性心肌梗死2例，12个月复发心绞痛3例和急性心肌梗死3例，24个月复发心绞痛3例、急性心肌梗死2例、严重心律失常2例和心力衰竭1例。各组PCI术后6、12、24个月MACE发生率比较，差异均有统计学意义（χ^2=8.324、9.143、13.354，P=0.016、0.010、0.001）。与A组比较，B、C组MACE发生率增高，差异均有统计学意义（均P<0.05）。

三、MACE组与非MACE组的单因素分析

MACE组和非MACE组发病至PCI时间、病理性Q波导联数及术前TIMI分级3级、Killip分级≥Ⅲ级、ST段最大抬高幅度>2 mm、术后1 h ST段回落程度<50%、术后48 h E/A≥1.2、LVEDV>97 ml、LVESV>49 ml、LVEF<45%、MCE显示灌注充盈正常占比比较，差异均有统计学意义（均P<0.05）；其余一般资料比较差异均无统计学意义。见表2。

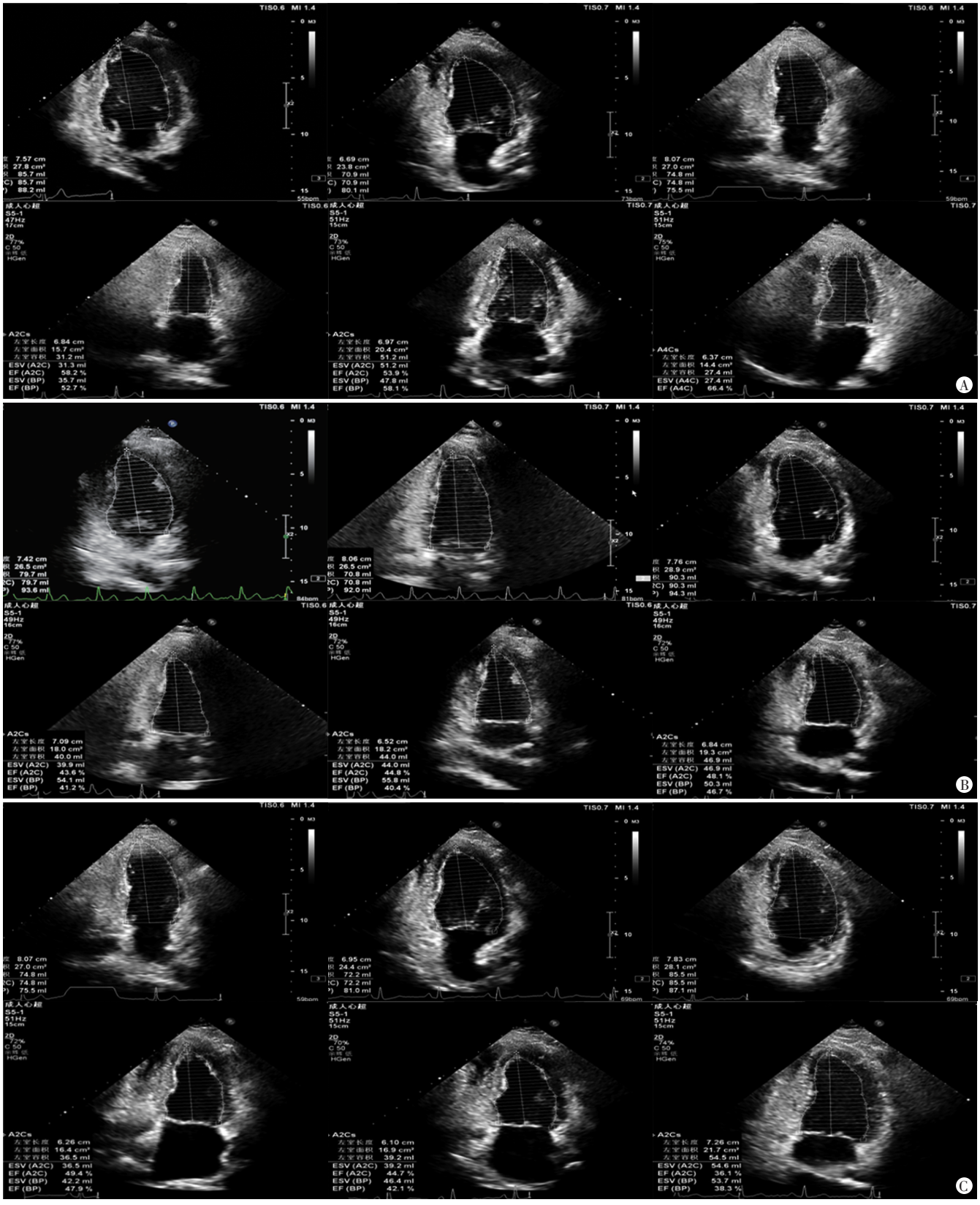
四、Logistic回归分析

将是否发生MACE作为自变量，单因素分析中差

表1 各组PCI术后超声检查结果比较（$\bar{x}\pm s$）

组别	LVEDV（ml）	LVESV（ml）	LVEF（%）	Am（cm/s）	E（cm/s）	E/A
A组						
术后48 h	96.25±9.95	52.67±9.09	51.55±6.35	10.12±2.64	73.16±9.15	0.85±0.11
术后1个月	91.65±12.59	42.34±10.00	54.64±7.30	8.66±1.14	67.48±8.06	0.78±0.10
术后3个月	86.77±8.94	34.87±9.24	59.36±6.95	7.02±1.53	62.35±7.79	0.71±0.09
B组						
术后48 h	106.83±11.19*	58.89±13.75*	43.23±7.58*	8.09±1.86*	65.27±8.16*	1.01±0.13*
术后1个月	95.49±7.67*	53.76±7.47*	49.01±6.22*	7.05±1.02*	59.54±7.69*	0.89±0.12*
术后3个月	90.34±12.23*	42.71±7.02*	54.65±6.25*	6.14±0.89*	52.32±6.54*	0.80±0.11*
C组						
术后48 h	115.20±10.39*#	76.29±16.29*#	40.15±6.05*#	6.53±1.52*#	59.39±7.42*#	1.12±0.25*#
术后1个月	111.48±11.81*#	62.29±10.92*#	43.07±4.62*#	6.07±1.05*#	53.43±8.68*#	0.98±0.13*#
术后3个月	102.47±10.51*#	54.48±8.65*#	49.87±5.01*#	5.21±1.26*#	46.38±10.14*#	0.89±0.12*#

与A组比较，*P<0.05；与B组比较，#P<0.05。LVEDV：左室舒张末期容积；LVESV：左室收缩末期容积；LVEF：左室射血分数；Am：二尖瓣环舒张晚期运动速度；E：二尖瓣舒张早期峰值流速；E/A：二尖瓣舒张早期与晚期峰值流速比值



A：A组；B：B组；C：C组。左、中、右依次为术后48 h、1个月及3个月

图1　各组PCI术后超声图

异有统计学意义的指标作为因变量，Logistic回归分析显示LVEDV、LVESV、LVEF、MCE显示非灌注充盈正常均为急性STEMI患者PCI术后发生MACE的独立危险因素（均P<0.05）。见表3。

表2 MACE组与非MACE组的单因素分析

组别	年龄（岁）	男性（例）	吸烟史（例）	饮酒史（例）	高血压史（例）	糖尿病史（例）	冠心病家族史（例）	梗死前心绞痛（例）	发病至PCI时间（h）	病理性Q波导联数（个）	术前TIMI分级3级（例）	Killip分级≥Ⅲ级（例）
MACE组（19）	62.03±8.46	13	11	14	10	7	4	11	5.63±1.25	2.21±0.46	3	14
非MACE组（59）	62.49±8.23	26	20	30	24	36	4	26	4.84±1.07	1.83±0.27	45	25
t/χ^2值	0.210	3.409	3.456	3.048	0.835	3.395	3.181	1.102	2.685	4.430	22.212	5.636
P值	0.834	0.065	0.063	0.081	0.361	0.065	0.075	0.294	0.009	<0.001	<0.001	0.018

组别	ST段最大抬高幅度>2 mm（例）	术后1 h ST段回落程度<50%（例）	MCE显示灌注充盈正常（例）	服药情况（例）			术后48 h E/A≥1.2（例）	术后48 h LVEDV>97 ml（例）	术后48 h LVESV>49 ml（例）	术后48 h LVEF<45%（例）
				拜阿司匹林	氯吡格雷/替格瑞洛	阿托伐/瑞舒伐他汀				
MACE组（19）	7	10	4	19	19	18	13	16	18	11
非MACE组（59）	7	13	39	58	59	57	23	33	39	16
t/χ^2值	6.088	6.471	11.791	0.326	0.100	0.136	5.011	4.921	5.990	6.014
P值	0.014	0.011	0.001	0.568	1.000	0.712	0.025	0.027	0.014	0.014

PCI：经皮冠状动脉介入；MCE：心肌声学造影；E/A：二尖瓣舒张早期与晚期峰值流速比值；LVESV：左室收缩末容积；LVEF：左室射血分数

表3 急性STEMI患者PCI术后出现MACE的Logistic回归分析

变量	β值	*S.E.*值	Waldχ^2值	*OR*值（95%可信区间）	P值
LVEDV	0.635	0.192	10.938	1.887（1.295~2.749）	0.001
LVESV	0.727	0.263	7.641	2.069（1.236~3.464）	0.006
LVEF	0.829	0.264	9.861	2.291（1.366~3.844）	0.002
MCE显示非灌注充盈正常	0.638	0.187	11.640	1.893（1.312~2.731）	<0.001

讨 论

急性心肌梗死是由急性心肌缺血引起的临床综合征，其中约70%的患者为STEMI[9]。该病主要发病原因为冠状动脉粥样硬化斑块破裂或侵蚀，形成血栓，导致管腔狭窄或完全阻塞，心肌显著持久缺血缺氧，甚至坏死。PCI术是急性心肌梗死常用的临床治疗方法，可有效疏通闭塞的梗死动脉，使左室射入主动脉的血流恢复正常，以尽可能缩小心肌梗死面积。多数患者经PCI术治疗后可获得充分的血流再灌注，改善临床症状，但仍有部分患者PCI术后无明显效果[10]。研究[11]报道，若冠状动脉狭窄患者存在冠状动脉微循环障碍时间较长，机体正常心肌已出现较多缺失或坏死，此时即使成功恢复其心脏大血管血流灌注，心肌受损部分组织可能仍无法完全恢复正常血流，导致术后心功能无明显改善。因此，若能在PCI术后早期对微循环灌注情况进行评估，并采取有效措施改善患者预后，对指导临床治疗具有重要意义。MCE是通过声学造影剂进入冠状动脉血液循环，使心肌组织在超声下显影的一项新技术。潘涛和曹冰[12]研究显示，MCE能够评估PCI术后冠心病患者冠状动脉血运重建后的心肌灌注状态。本研究旨在探讨MCE对急性STEMI患者PCI术后心肌灌注及预后的评估价值。

2008年MCE应用于急性心肌梗死后治疗决策的制定被提出[13]，但国内临床尚未广泛应用。2018年美国超声心动图协会更新了超声造影剂在超声心动图中的临床应用，增加了MCE在急性STEMI中的应用[14]。本研究依据STEMI患者PCI术后48 h MCE检查结果分为灌注充盈正常、灌注充盈稀疏、灌注充盈缺损组，较单纯依据Killip分级评估患者心功能受损程度更为客观。本研究结果显示，与A组比较，B、C组术后同一时间LVEDV、LVESV、E/A均升高，Am、E、LVEF均降低，差异均有统计学意义（均P<0.05）。与B组比较，C组术后同一时间LVEDV、LVESV、E/A均升高，Am、E、LVEF均降低，差异均有统计学意义（均P<0.05）。表明急性STEMI患者PCI术后左心功能随心肌灌注缺损程度加重持续受损。STEMI患者多伴有较大面积的心肌坏死及坏死延展，心肌灌注缺损明显，故更容易出现心脏室壁瘤、附壁血栓、恶性心律失常、心脏破裂、心力衰竭等并发症[15]。周燕翔等[16]研究报道，MCE可以清晰显示STEMI患者左室细微解剖结构并获取重复性更好的左室重构参数，尤其对于图像质量不佳者价值更高，本研究结果与其一致，提示MCE可有效评估急性STEMI患者心肌灌注缺损程度。

本研究进一步对STEMI患者PCI术后MACE发生情况进行分析，结果显示B、C组PCI术后MACE发生率均较A组增高，差异均有统计学意义（均P<0.05），分析原因为PCI术后无法改善已出现病变的微血管灌

注情况，冠状动脉微循环异常也会导致冠状动脉血流量降低，引发心肌缺血症状[17]。Tomaszuk-Kazberuk等[18]对100例STEMI患者PCI术后行MCE检查，发现灌注良好组术后MACE发生率低于灌注缺损组（0 vs. 10%），差异有统计学意义（$P<0.05$），表明心肌灌注情况与STEMI患者PCI术后是否发生MACE相关，MCE可能对预测PCI术后MACE的发生有一定价值。张忠武等[19]研究报道，术后发生MACE的急性心力衰竭患者LVEDV明显高于未发生MACE患者，LVEF明显低于未发生MACE患者，差异均有统计学意义（均$P<0.05$）。陈亚南等[20]研究报道，急性心肌梗死患者PCI术后1年发生MACE者的LVESV及造影剂评分指数均高于未发生MACE者（均$P<0.05$）。本研究结果显示，MACE组患者术后48 h LVEDV>97 ml、LVESV>49 ml、LVEF<45%及MCE显示非灌注充盈正常占比均高于非MACE组，差异均有统计学意义（均$P<0.05$），表明MCE对STEMI患者PCI术后的预后评估有一定价值。为进一步分析是否存在其他因素影响，本研究采用Logistic回归分析急性STEMI患者PCI术后出现MACE的独立危险因素，结果显示LVEDV、LVESV、LVEF、MCE显示非灌注充盈正常均为急性STEMI患者PCI术后发生MACE的独立危险因素（均$P<0.05$）。

综上所述，MCE可有效评估急性STEMI患者PCI术后心肌灌注情况，并预测MACE的发生，有利于改善患者预后。但本研究为单中心研究，纳入样本量较小，所得结论可能存在偏倚，且本研究仅对STEMI患者PCI术后进行研究，未分析MCE对其他类型冠心病患者的应用价值，有待今后扩大样本进一步探讨。

参考文献

[1] Frampton J, Devries JT, Welch TD, et al. Modern management of ST-segment elevation myocardial infarction[J]. Curr Probl Cardiol, 2020, 45(3): 100393-100397.

[2] Garratt KN. ST-segment elevation myocardial infarction care in America: celebration and anxiety[J]. J Am Heart Assoc, 2020, 9(11): 16832-16841.

[3] McClure JD, Ramsay JC, Berry C. Pooled analysis of bleeding, major adverse cardiovascular events, and all-cause mortality in clinical trials of time-constrained dual-antiplatelet therapy after percutaneous coronary intervention[J]. J Am Heart Assoc, 2020, 9(16): 17109-17115.

[4] 田锦润，丁云川，王庆慧，等. 左心声学造影的临床应用进展[J]. 临床超声医学杂志，2017，19(12)：838-840.

[5] Wang S, Hossack JA, Klibanov AL. Targeting of microbubbles: contrast agents for ultrasound molecular imaging[J]. J Drug Target, 2018, 26(5-6): 420-434.

[6] Orde S, Slama M, Pathan F, et al. Feasibility of myocardial perfusion assessment with contrast echocardiography: can it improve recognition of significant coronary artery disease in the ICU?[J]. Crit Care, 2019, 23(1): 257-261.

[7] 葛均波，徐永健，王辰. 内科学[M]. 9版. 北京：人民卫生出版社，2018：230，239.

[8] Anderson RD, White HD, Ohman EM, et al. Predicting outcome after thrombolysis in acute myocardial infarction according to ST-segment resolution at 90 minutes: a substudy of the GUSTO-Ⅲ trial. Global use of strategies to open occluded coronary arteries[J]. Am Heart J, 2002, 144(1): 81-88.

[9] Thiele H, Zahn R. Acute myocardial infarction-actual issues[J]. Herz, 2020, 45(6): 507-508.

[10] Negro A, Pecoraro V, Camerlingo MD, et al. Temporary percutaneous ventricular assist devices for cardiogenic shock and high-risk percutaneous coronary intervention: a systematic literature review[J]. G Ital Cardiol (Rome), 2020, 21(2): 128-137.

[11] Hagemann RA, Hoffmann S, Brainin P, et al. Early diastolic strain rate by two-dimensional speckle tracking echocardiography is a predictor of coronary artery disease and cardiovascular events in stable angina pectoris[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2020, 36(7): 1249-1260.

[12] 潘涛，曹冰. 心肌超声造影观察冠状动脉血运重建前后心肌灌注及心肌功能恢复[J]. 现代仪器与医疗，2018，24(6)：17-19.

[13] Hayat SA, Senior R. Myocardial contrast echocardiography in ST elevation myocardial infarction: ready for prime time?[J]. Eur Heart J, 2008, 29(3): 299-314.

[14] Porter TR, Mulvagh SL, Abdelmoneim SS, et al. Clinical applications of ultrasonic enhancing agents in echocardiography: 2018 American Society of Echocardiography Guidelines Update[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2018, 31(3): 241-274.

[15] 张强，刘珂，牛红梅，等. 急性ST段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后不同心肌灌注水平对心肌存活性的影响[J]. 中国医药，2018，13(6)：810-813.

[16] 周燕翔，熊叶，雷佳瑞，等. 心腔声学造影评估ST段抬高型心肌梗死患者左心室重构参数的应用价值[J]. 中华超声影像学杂志，2021，30(8)：661-667.

[17] Sun L, Wang Z, Xu T, et al. The value of real-time myocardial contrast echocardiography for detecting coronary microcirculation function in coronary artery disease patients[J]. Anatol J Cardiol, 2018, 19(1): 27-33.

[18] Tomaszuk-Kazberuk A, Sobkowicz B, Dobrzycki S, et al. Perfusion assessed by real-time contrast echocardiography correlates with clinical and echocardiographic parameters in patients with first STEMI treated with PCI - 6-month follow-up[J]. Arch Med Sci, 2010, 6(2): 176-182.

[19] 张忠武，王世红，魏大勇，等. 急性心力衰竭入院时收缩压水平与心功能及预后关系[J]. 心血管康复医学杂志，2013，22(1)：33-36.

[20] 陈亚南，郭秋红，冯雁，等. 心肌声学造影对急性心肌梗死急诊介入术后心肌灌注及预后评估[J]. 广东医学，2020，41(20)：2085-2090.

（收稿日期：2022-07-06）